



УДК 553.91:622.7

УКРАЇНСЬКИЙ ГРАФІТ

Л.Шпильовий¹, В.Білецький²

¹Канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка АН України, Київ, Україна; ТОВ "Азов – Мінералтехніка", Донське, Донецька область, Україна

² докт. техн. наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна

електронна адреса ukcdb@i.ua, тел. +380 (067) 717-80-68.

UKRAINIAN GRAPHITE

L. Shpylovyi¹, V. Biletskyi²

¹Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation. M.P. Semenenko, Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine; LLC "Azov–Mineraltehnika", Donske, Donetsk region, Ukraine

²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
e-mail ukcdb@i.ua, tel. +380(067) 717–80–68.

ABSTRACT

Actuality of problem. The article is sanctified to history of becoming of domestic graphite industry. A graphite is raw material in the production of row of products: artificial diamonds, accumulators, fuel elements of chemical sources of current, metal-workingness and forging, for punching and rolling of hardware, electro-coal brushes and electrodes, polymeric composite materials, friction materials, graphite foil, gaskets, lubricating materials, pencils and polydiene paints, heat-resistant ceramics and rubber, cables, slushing paints, additions in boring solutions. It is used in nanotechnologies.

The purpose of article Tracing and introduction is to scientific turnover of basic events, facts, technical and technological decisions that defined development of graphite industry on the walks of life of Ukraine in XX-XXI of century.

Methods and apparatus. A literary review, bringing in of the archived materials, description of technique and technology of the primary processing of graphite ores, is in Ukraine.

Results. The file of events that expose technological and technical advancement at development of booty and enriching of graphite ores in Ukraine is traced, in particular Old Crimean and Zavalivsky of deposits, washery of graphite ore in Mariupol.

Scientific value of development. The described technology of booty of graphite ores in Ukraine and enriching of graphite ore is on the Mariupol washery. Practical value. It is shown that Zavalivsky of deposit - as yet the only source of raw materials for producing of graphite in Ukraine. In Ukraine new deposits are educed with the considerable prognosis resources of graphite - Burtynske, Balakhivske, Sachkin-Trinity, row of new areas in the district of Zavallya. Their supplies give an opportunity not only to support levels on a due, but also considerably to extend an existent raw mineral-material base, due to what Ukraine can become one of most in the world of suppliers of graphite products.

Keywords: domestic graphite industry, history, technique and technology of booty and enriching of graphite ores.

Вступ. Графіт розглядається зазвичай як найдавніший, за часом свого утворення, різновид викопного вугілля (продукт останньої стадії вуглефікації: торф – буре вугілля – кам'яне вугілля – антрацит – графіт). Графіт легко піддається обробці; йому притаманні високі електричні та теплові властивості, завдяки чому має широке застосування в промисловості.

За фізичними і хімічними властивостями, розрізняють різні види графіту. Тому для конкретного продукту використовується та чи інша марка графіту. Він повинен відповідати певним технічним вимогам.

Природний графіт має вигляд дрібного порошку. Чим вищий вміст вуглецю, тим ціннішим він вважається.

Як домішка в різних породах графіт досить розповсюджений, та лише в окремих випадках він зустрічається значними масами, розробка яких економічно вигідна.

Першими сферами застосування графіту були чавуноливарна справа, виготовлення тиглів та іншого вогнетривкого посуду, приготування мастильних матеріалів, виробництво олівців. З розвитком електрометалургії, електротехніки, автомобілебудування потреба в графіті суттєво зростала.

Сьогодні графіт є необхідною сировиною або допоміжним матеріалом у виробництві найрізноманітнішої кінцевої продукції: штучних алмазів, акумуляторів, паливних елементів хімічних джерел струму, металообробці і куванні, для штампування та прокатки металевих виробів, електровугільних щіток та електродів, полімерних композитних матеріалів, гальмівних колодок та інших фрикційних матеріалів, графітової фольги, прокладок і ущільнювачів, графітових і колоїдних мастильних матеріалів, олівців і поліграфічних фарб, термостійкої кераміки та гуми, екранів силових кабелів і кабелів зв'язку, антикорозійних фарб, вогнетривів, добавок до бурильних розчинів.

Як і раніше, великими споживачами графіту є сталеливарні та чавуноливарні заводи. Знайшов застосування графіт і в сучасних нанотехнологіях.

Графітна справа у Світі та в Україні

Світова історія графітної справи нараховує багато століть. Так, у Німеччині видобування графіту здійснюється кілька століть в районі Пассау в Баварії. До першої світової війни Австрія займала перше місце за обсягами видобутку і поставок графіту на світовий ринок. Великим попитом у світі користувався графіт з островів Цейлон та Мадагаскар [2].

Родовища кристалічного графіту в межах Українського щита (УЩ) утворюють велику графітоносну провінцію, в якій виділяють чотири графітоносні райони: Бердичівський, Побузький, Криворізький і Приазовський [1, 3]. Усього на території провінції виявлено близько 100 родовищ та проявів графіту. Всі вони відносяться до метаморфічного типу, приурочені до порід архею та нижнього протерозою. Глибина залягання

графітових руд – від 10 до 80 м. Поклади графіту утворюють пластові і лінзоподібні тіла потужністю до 300 м. Довжина рудних тіл – від 5 до 1500 м, інколи 3,5- 5,0 км. Графіт лускуватий, з вмістом в рудах 2,5-20,0 %.

Державним балансом запасів корисних копалин враховується 6 родовищ графіту [4]. Розробляється одне родовище – Заваллівське, ділянка Південно-Східна, решта – 5 родовищ, – не розробляються. На базі Заваллівського родовища діє однойменний графітовий комбінат. При проектній потужності комбінату 800 тис. т руди забезпеченість в цілому розвіданими запасами складає понад 100 років, а запасами Південно-Східної ділянки в межах проектних контурів розробки – 11 років.

Також виробництвом графітової продукції в Україні з відходів графіту металургійного та електродного виробництва займається ПАТ «Маріупольський графітовий комбінат».

Перші пошуки і перші знахідки графіту в Україні

Вивчення графітових родовищ в Україні розпочалося одночасно з геологічними дослідженнями різних місцевостей нашої країни. Природознавець польського походження, який працював в Україні Анджейовський А.Л. перший вказав на знахідку графіту на Волині та в колишній Київській губернії. Далі про виявлення графіту в різних місцевостях згадують в своїх працях М.П. Барбот де-Марні, В. Домгер, С. Конткевич, Г. Романовський, П. П'ятницький, Л. Іванов, С. Більський, А. Красевський, В. Ласкарьов, С. Кузнєцов, та інші [1].

Вперше визначити промислову цінність українських графітових родовищ спробував відомий піонер гірництва у Криворізькому районі О. М. Поль, який у 1870-х роках влаштував невелику розвідку графітового родовища поблизу села Петрового, Петровського району колишньої Криворізької округи на правому березі Власової балки. За словами мешканців села, Поль заклав на цій ділянці три шурфи глибиною по 25 метрів. Взяли зразки і проби на дослідження в Катеринославі. О.Поль пророкував, що у майбутньому на базі Петрівського родовища виникне графітне підприємство [5]. Однак, треба було майже 40 років, щоб таке підприємство справді виникло. Пробуджений О.Полем інтерес до Петрівського родовища спонукав деяких підприємців та місцевих селян продовжувати пошуки графіту в околицях села Петрового. У 80-х роках 19 ст. Петрівське родовище стали розробляти, та розробляли з перервами аж до війни 1914 року, коли роботи розгорнули ширше. Під час громадянської війни (1917 – 1921) копальня не працювала. Роботи відновилися 1925 року, коли копальнею почав відати трест «Хімвугілля».

Влітку 1881 року гірничий інженер Г. Романовський, шукаючи залізну руду в Приазов'ї, знайшов на правому борту балки Міхалетті, поблизу с. Старий Крим, шматки зруйнованого гнейсу з рясними домішками лусочок графіту.

Цей «передісторичний» період української графітової промисловості закінчився 1904 року,

коли один із селян с. Старий Крим поблизу Маріуполя відкрив родовище графіту, назване пізніше Старокримським. Американець Джон-Фердінанд Лямпе того ж року орендував це родовище у селян села Старий Крим та почав його розробляти. Руду на ділянці видобували відкритими роботами [5].

У тому ж, 1904 році, В.Ф. Вальтон збудував в Маріуполі перший графітовий завод, який став виробляти чорний та сріблястий графіт. Руду доставляли до Маріупольського заводу, і коштувала вона франко-завод по 3 крб. 65 коп. за тонну, враховуючи і орендну плату селянам – 1 крб. 20 коп. з тонни [6].

Щоб далі розробляти родовище, потрібно було перейти на підземні роботи, в зв'язку з чим собівартість руди неминуче зростала. Зросли і вимоги селян щодо орендної плати. Підприємець почав розшукувати інші графітні родовища в районі Маріуполя.

Спроби ці закінчилися успішно, і в 1908 році завод почав отримувати руду з села Миколаївки, колишньої Бердянської округи, за 55 км від Маріуполя. Вміст вуглецю у миколаївській руді становив 18 %, тоді як в старокримській – 12-14 %. Коштувала миколаївська руда франко-завод в Маріуполі 6 крб. 70 коп. за тонну [7].

Під назвою Миколаївських родовищ вітчизняна геологічна література знає групу родовищ біля с. Троїцького, в 30 км від Бердянська на р.Берда.

Частину виходів графітної руди на цій ділянці (родовище Троїцьке) описали брати Носови ще у 1869 році [8]. Ділянка знаходилася біля села на правому березі р. Берестової, за 400 м від її впадіння в р. Берда. Розробки розпочаті вперше в 1912 році, і тривали три роки. Видобування здійснювалося в трьох невеликих кар'єрах. За цей період видобуто 500 т руди. Кар'єри розроблялися ще й в 1917 році, та пізніше, до 1925 року [9].

Ще чотири кар'єри були на невеликому відрозі балки, що впадала в Берестову зліва. З двох із них за весь час видобуто 1475 т руди з вмістом 8-12 % графіту. Всі кар'єри мали форму витягнутих за простяганням прямокутників з розмірами приблизно 4х40 м.

На правому березі р. Берди, в районі Сачкових хуторів, інтенсивна кустарна розробка графітної руди за допомогою ям та неглибоких шурфів велась у 1916 році. Видобували графітну руду в 1916 році також і біля хутора Старо-Солдатський, на лівому березі р. Берда [10].

Так поступово визначився Приазовський графітоносний район, на базі графітних родовищ якого до 1911 року в Маріуполі вже працювали два графітні заводи – Вальтона та Рутченкова. Інженер С.В. Рутченко заснував товариство «Графіт» у 1910 році. З 1912 року товариство стало займатися видобуванням руди на Старокримській копальні, та збагаченням її на заводі в Маріуполі, а також виробництвом графітної і котельної фарби. Старо-Кримська графітова копальня, що перейшла до С.В. Рутченка, знаходилася в двох кілометрах на північ від с. Старий Крим, на правому березі Міхалетівської балки, за 1,5 км від її спуску до р. Кальчик

[11]. Родовище знаходиться в біотитових гнейсах, перетятих та порушених потужною інтрузією гранітів. Разом з біотитовими зустрічалися на родовищі і піроксенові та амфіболо-піроксенові гнейси, що залягають часто з рудою. Порооди дуже розкладені у верхніх частинах родовища, але ступінь їхнього розкладу помітно зменшується у підземних виробках копальні, що доходять до глибини 25 м. Простягання порід – південний схід від 120° до 150°, спад на південний захід під кутом від 75° до 90°. На рис. 1-4 показана геологія району і план підземних виробок Старокримської копальні, візуалізовано графітову руду і сучасний вигляд об'єктів копальні.



Рис. 1. Геологічна карта Старокримського району:

1 – неогенові піски; 2 – жильний піроксеновий граніт; 3 – роговообманковий розжевий граніт; 4 – виходи графітового гнейсу; 5 – січні розжеві аплітові жили; 6 – гнейси з пластовими жилами апліту; 7 – масивні виходи граніту



Рис. 2. Графітова руда зі Старокримського родовища.

Руда залягала лінзами, викривленими та неправильними, витягнутими у напрямі простягання гірських порід. Потужність лінз-сочок змінювалася в широких межах, доходючи інколи до 2 метрів. Довжина окремих лінз рідко доходила до кільканадцяти метрів. Іноді лінзи розгалужувались, іноді йшли одна за одною у вигляді жили. Число таких жил у верхній частині родовища, вибраній кар'єром на глибину 7-8 м, було 8, з вмістом графіту до 25 %, в кращих місцях – 35 %. У підземних виробках їх налічувалося 11. Графітовмісна площа дуже невелика. Колишній кар'єр завдовжки 80 м, а найбільша ширина його близько 60 м.

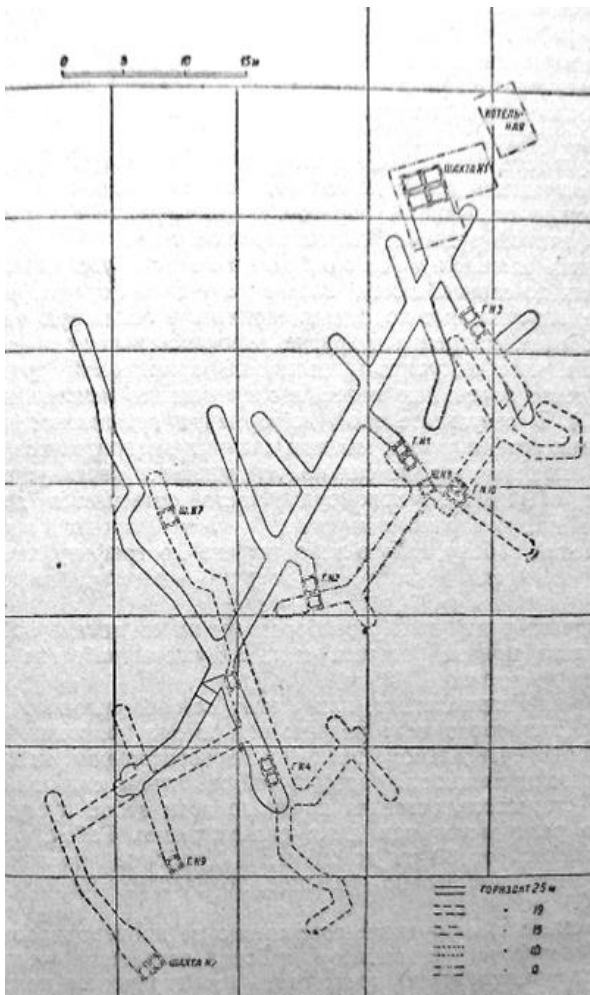


Рис. 3. План підземних виробок Старокримського графітного рудника.

Руда – майже виключно зруйновані гнейси, насичені графітними лусочками. Лусочки у гнейсах іноді зростаються з біотитом. Руда – пухка та грудкова, але грудки легко руйнуються. Руда копальні була дуже високої якості, краща з усіх українських на той час. Лусочка велика, пересічний її розмір більше 1 мм. Вміст графіту близько 20 %. Домішкою у руді є кварц, каолін, вохра.

Видобувні роботи здійснювалися 12 робітниками, які при пробному видобуванні дали 4357 пудів руди. З 1912 по 1917 р. було видобуто

365 420 пудів руди. Під кар'єром знаходилися підземні експлуатаційні виробки. Копальня працювала до горизонту 25 м (двома і трьома поверхами). Збагачення здійснювалося на Маріупольському заводі, де вміст вуглецю в концентраті доводився до 85 % при крупності 0,21 мм [12].

Так була започаткована графітна справа в Україні та Російській імперії.

До Криворізького графітоносного району відносять родовища в межах Петрівського, Пятихатського та Криворізького районів колишньої Криворізької округи.

Це родовища: Петрівське, Терноватівська балка, балка Водяна, Бабенківська (Суха) балка, Зеленівське, Кодацьке.



Рис. 4. Старий стовбур шахти на Старокримському родовищі графіту і Старокримський кар'єр (південний борт). Сучасний вигляд.

У 1913 році на своїй садибі в селі Зеленому Петрівського району колишньої Криворізької округи місцевий мешканець І. Кришень випадково відкрив графітне родовище. Того ж року вперше та невдало спробували розробляти це родовище.

Навесні 1914 року зробили другу спробу, яка виявилася більш вдалою. Цей рік треба вважати початком експлуатації Криворізьких графітних родовищ.

Родовище в с. Зелене, на правому березі Вовчої балки, промисловець І.Кришень експлуатував до кінця Першої світової війни. У 1917 році копальню затопили. Невеликі розробки графіту на р. Жовтій, біля с. Камчатка (балки Синя і Жовтенька) до 1914 року проводив поміщик Яковлев [10].

З давно відомого Петровського графітового родовища на Власовій балці в Криворізькій окрузі з 1915 року руду стали поставляти на Маріупольський завод Рутченкова. Перший відправлений вагон був із рудою такої високої якості – з вмістом вуглецю до 67 % (гатунок цей у Петровому звали «рибка»), – що Маріупольський завод став використовувати виключно цю руду. За весь час існування Петрівського родовища (старі виробки на 1926 рік були завалені) на ньому видобуто 2700 т багатой руди [12].

Так поступово визначився Криворізький графітоносний район.

Пошуки графіту та перші спроби його видобування в Побузькому графітоносному районі теж розпочалися на початку 19 ст. У 1911-1913 роках експлуатаційні роботи виконувалися на Кошари-Олександрівському родовищі графіту. Тут були виявлені 3 жили, одна з яких розроблялася і була розкрита по простяганню на 16 м [13]. У 1916 році родовище розвідане та вперше описане професором Танатаром Й.І.

На родовищі графіту біля с. Люшневате, в Деминівському Яру, гірничий промисловець С.В. Рутченко під час війни 1914 року проводив розвідувальні та видобувні роботи. Поблизу с. Лашівка на р. Сухий Ташлик, на правому березі яру він до 1917 року видобував руду. Кілька вагонів руди відправив в Маріуполь на збагачувальну фабрику. Ознаки старого кар'єру залишалися тут ще у 1930-у році. На родовищі біля с. Липовеньки в 1915-1916 роках Рутченком видобуто кілька десятків тонн графітової руди для дослідного збагачення на Маріупольській фабриці [10].

Ще одне родовище біля с. Капітанівка, на балці Капітанівській, яка спускається зліва у р. Південний Буг, розвідував та трохи розробляв 1914 року інженер Тимчинський.

Українська графітова промисловість у XX ст.

Новий поштовх в розвитку графітних родовищ українська графітова промисловість отримала під час Першої світової війни, в 1915-1916 роках, коли одночасно з розширенням потреби в графіті, зовсім припинився його імпорт. Цей період характерний не тільки зростанням видобутку руди на розроблюваних родовищах, а й відкриттям нових кар'єрів – у балці Водяній Петрівського району, в с. Камчатка (Криворізький округ), та інших. За цей період було

проведено багато пошуково-розвідувальних робіт не тільки у Приазов'ї та Криворізькій окрузі, а й Побужжі. За час Першої світової війни графітна промисловість, хоч і в невеликих розмірах, поширилась на всі три названі райони.

Однак, масштаби видобутку та переробки графіту в Україні на той час аж ніяк не відповідали ні запасам родовищ, ні потребам в ньому української промисловості, змушеної імпортувати графіт. Правильніше сказати, що до Жовтневого перевороту в Україні, зокрема, і пізніше в Радянському Союзі взагалі не було графітової промисловості, або вона була в зародковому стані.

Так, у 1917 році світовий видобуток графіту складав майже 200 тис. т, з яких на Україну (Старий Крим) припадало лише 2 500 т. З 1917 року видобуток графіту в Україні практично припинився. Відновлення геологорозвідувальних та видобувних робіт почалося з 1921 року, коли в Побузькому районі біля села Завалля проведені спеціальні розвідки на графіт Південно-Західною Промрозвідкою.

У 1922 році на Старокримському родовищі видобуто 200 т графіту. До 1925 року видобуток графіту тут довели до 500 т [10]. Та вже у 1927 році копальню зупинили через відпрацювання запасів. У 1929 році видобування графітової руди продовжили на Північній ділянці родовища, та здійснювали до 1941 року.

Справа розвідування українських родовищ в цей час знаходилася у важкому стані, бо проводилися розвідувальні роботи безсистемно, випадково, з незначним фінансуванням.

У 1925 році графітову промисловість в країні передали у відання Українського хімічного тресту «Хімвугілля», який з 1926-1927 років почав систематично розвідувати українські графіти, та надав розвідкам відповідного масштабу. Далі до розвідок залучилися Український геологічний комітет, та Інститут прикладної мінералогії та металургії [14]. Одночасно з розвідкою в незначних обсягах проводились і експлуатаційні роботи.

На р. Каратюк (правий берег), поблизу хутора Лебеда, був закладений невеликий кар'єр, яким вибиралась жила графіту потужністю до 4 м на простяганні кількох десятків метрів, і до 7 м в глибину.

У 1923 році розпочате видобування руди на лівому березі р. Каратюк. Видобуток склав кілька тисяч пудів [10].

У 1924 році видобувні роботи на родовищі Троїцьке, біля хутора Старо-Солдатський, поновилися трестом «Хімвугілля», і тривали 10 місяців. Видобуто 3000 т руди з вмістом вуглецю від 10 до 45 %.

В цьому ж, 1924 році, пробне видобування графітової руди для Маріупольського заводу здійснювалося трестом по балці Суперечній в Криворізькому районі, в двох верстах від с. Лозуватка.

У 1924-25 роках кустарне видобування графітової руди здійснювалось на чотирьох ділянках в р-ні с. Троїцького (північно-західна частина с. Миколаївка) на річках Кільтиччя, Берда та її притоках.

На лівому березі Берди напроти Сачкових хуторів, поблизу хутора Вишнякова у 1925 році Маріупольським управлінням тресту «Хімвугілля» розпочаті експлуатаційні кустарні роботи. Невеликими розрізами було розкрито 5 жил.

Між с. Темрюк і Вислою Могилою, на правому березі р. Темрюк, у невеликих обсягах велось безсистемне кустарне видобування руди в 1927 році.

У 1927, та наступному 1928 році проводились розвідувальні роботи і дослідження збагачуваності руди Інститутом прикладної мінералогії на ділянці, обмеженій на півдні річкою Берда, на заході – східною околицею села, на півночі – невеликою балочкою, що впадає в Берестову зліва, а на сході межує зі степовою місцевістю.

Графітову руду на балці Водяній, на правому високому березі р. Інгулець), на північ від с. Петрове, знайшов приватний промисловець Трегубів. Тут розробляли невелику лінзу руди потужністю до 5 м. Руда була доброї якості. Та додаткові пошукові роботи були невдалими, і Трегубів у 1926 році залишив цю ділянку. В 1928 році розвідку проводила партія Укргеолкому (Г. Дубяга). Запаси руди визначені приблизно в 130 тис. т [14].

У Побузькому районі у 1927-29 рр. Інститут прикладної мінералогії провів розвідку графітового родовища біля с. Завалля, в північній його частині, на лівому березі Південного Бугу. Збагачувальний відділ цього інституту розробляв технологію збагачення. Руду подрібнювали до -2 мм, потім до 54 % класу -0,2...+0,05 мм. В якості реагентів – альфанафтиламін : ксилідин у співвідношенні 60:40 %, і пічний скипидар, а також гас і пічний скипидар. Добрі результати отримані при використанні гасу, як колектора, і пічного скипидару.

Запаси руди визначені в 275 000 т (крупнолускатий графіт).

У 1927-28 р.р. розвідувальні роботи на родовищі Кошара Олександрівська провели трест «Хімвугілля» та Інститут прикладної мінералогії та металургії [14].

У 1920-х роках Радянський Союз імпортував цейлонський та мадагаскарський графіт. Частково використовувалася і графіт Аліберівського родовища (Росія). Основні споживачі – тигельне виробництво, олівцеве, електродне, електротехніка, металургія (для змащування).

До кінця 1920-х років минулого століття в Україні та колишньому СРСР існувала лише одна фабрика для збагачення графіту – Маріупольська, заснована в 1910 році інженером С.В. Рутченком. Фабрика була примітивно обладнана, з недоскональними методами збагачення, і поставляла декілька сотень тонн лускатого графіту. Вміст

вуглецю в графіті лише інколи досягав 78 %. Незважаючи на близьке розташування до фабрики кількох крупних графітових родовищ, фабрика використовувала привозну петровську руду з Криворізького району з вмістом вуглецю 30 %, так як технологія і обладнання не дозволяли ефективно збагачувати місцеві бідні руди, внаслідок чого власники цієї фабрики вимушені були ще до Першої світової війни завозити в Маріуполь аліберівську графітову руду [15].

Але і порівняно багата петровська руда використовувалась на фабриці досить неповно. Були випадки, коли у відходах збагачення (хвостах) залишалось 12-14 % вуглецю, тобто вилучення вуглецю не перевищувало 50-60 %.

Графітна справа перейшла до тресту «Хімвугілля» у 1925 році. Графітне підприємство «Хімвугілля» складалося із заводу в м. Маріуполь (колишній завод С.В. Рутченка) та рудників: Старокримського біля с. Старий Крим на р. Кальчик, в 10 км від Маріуполя, та Петровського рудника на балці Власовій поблизу с. Петрове в Криворізькому окрузі. Запаси руди в рудниках у 1926 році були незначними і близькими до виснаження. З огляду на це геологічні організації в цей час вели інтенсивні пошуки графіту.

Південний Хімічний трест («Хімвугілля»), в управлінні якого знаходилась Маріупольська фабрика, ще в 1927 року звертався до вищих господарських органів Радянського союзу з проханням надати кошти на реконструкцію фабрики.

Проект реконструкції трест «Хімвугілля» доручив інституту Механобр (м. Ленінград), а сама реконструкція виконана Українським трестом нерудних копалин – Нерудкопалом, до якого перейшла фабрика, при консультуванні з боку Механобру.

У 1928/29 рр. трест «Хімвугілля» провів реконструкцію графітного заводу в Маріуполі, довівши потужність збагачувальної фабрики до 3500 т/рік. Збагачення здійснювалось флотацією з 65-68 % до 92-93 % вуглецю [15].

На початку лютого 1930 року реконструйована збагачувальна фабрика в Маріуполі (див. рис. 5) стала до ладу.

З цього часу вперше в нашій країні почали застосовувати для збагачення графіту сучасне обладнання.

Обмеженість коштів, відпущених на реконструкцію, змусила розмістити обладнання в старій двоповерховій будівлі. Руда підвозилася від Старокримського рудника, що знаходився в 10 км, а за місто вивозилися відходи збагачення – хвости, яких набиралося за добу до 50 т (в перерахунку на суху речовину), що обходилося недешево.

Дамо коротку характеристику застосовуваних технологій збагачення графіту (схема рис. 5).

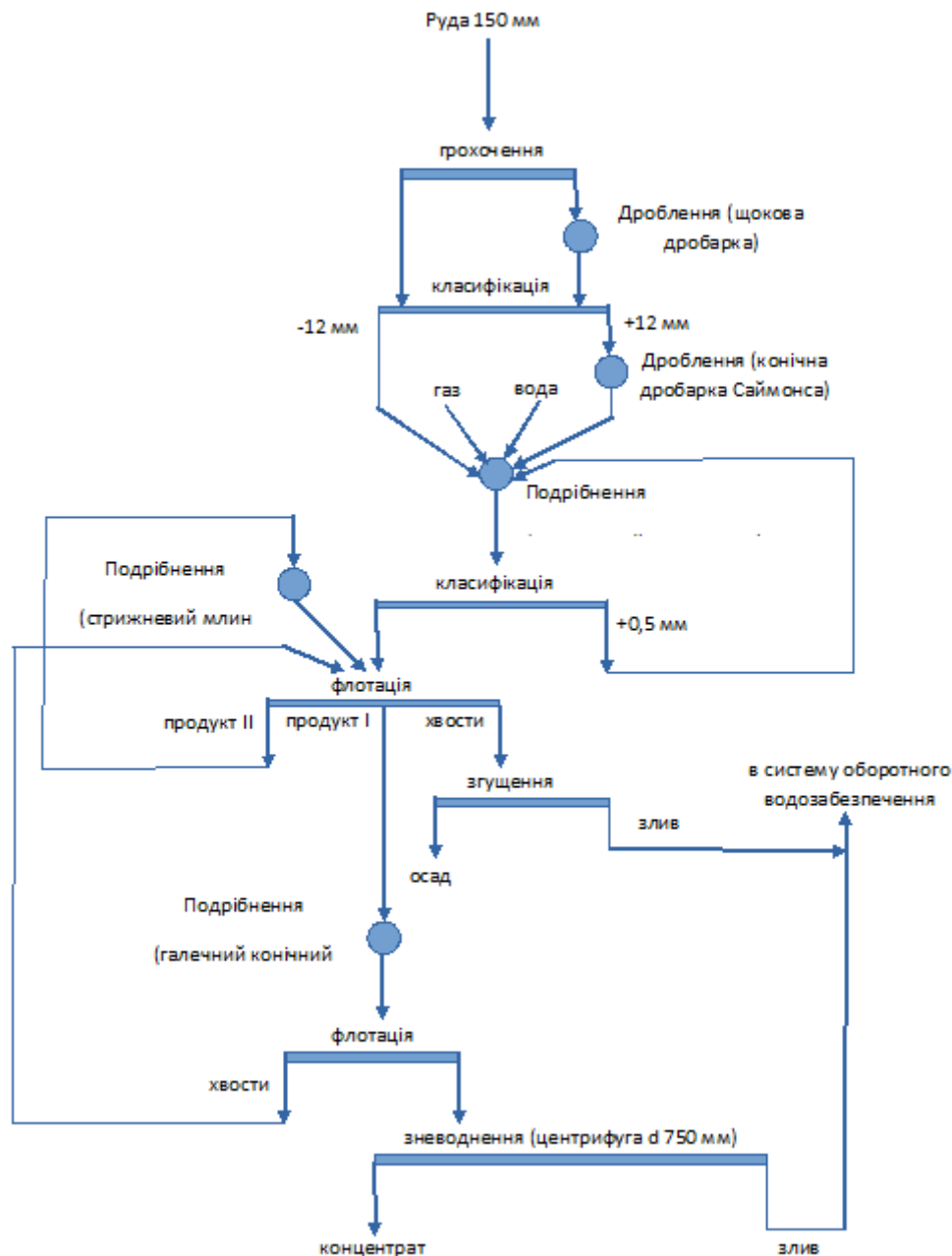


Рис. 5. Технологічна схема збагачення графітової руди.

Приймальний бункер мав у дніщі два розвантажувальних вікна (отвори), з яких руда вивантажувалася двома живильниками, працюючими одночасно. Похилим стрічковим конвеєром руда подавалася в помольне відділення. В останньому, на першому поверсі будівлі, було встановлено два млини для тонкого помелу, а на другому – дві флотаційні машини.

Подрібнена руда крупністю 0-12 мм з відділення дроблення подавалася транспортером у стрижневий млин *Марсі* продуктивністю 2,5 т/год (3х8 м), в який подавались також газ і вода.

Після розмелу до 0,5 мм, матеріал самопливом надходив у класифікатор *Дорра*, з якого частинки, крупніші 0,5 мм, поверталися до стрижневого млина, а дрібніші разом з водою самопливом по ринві направлялися в ковшовий елеватор, яким

передавалися на флотацію в першу камеру першого з флотаційних апаратів *Мінералс-Сепарейшен* (11 камер в яких і відбувається флотаційний процес – див. рис. 6). Розмір кожної камери 450х450 мм. З перших восьми камер знімали основний концентрат, який самопливом направлявся в конічний гальковий млин *Гардінга* для домелу концентрату. З останніх трьох камер отримували другий концентрат, більш брудний, який направлявся самопливом знову в стрижневий млин для подрібнення, а потім повертався в апарат *Мінералс-Сепарейшен*. Хвости з флотаційного апарата направлялись для зневоднення у великий згущувач *Дорра*, який давав прояснену воду для оборотного водопостачання. Після подрібнення в конічному гальковому млині другий концентрат вертикальним ковшовим елеватором подавався в

четверту камеру другого, восьмикамерного флотаційного апарата *Мінералс-Сепарейшен*, який мав 8 робочих і 8 агітаційних камер розміром 300х300 мм кожна. Апарат слугував для перечищення основного концентрату. Отриманий з чотирьох останніх камер концентрат діафрагмовим насосом перекачувався в першу агітаційну камеру флотаційного апарата, і далі проходив чотири

перші його камери. Отриманий з цих камер кінцевий концентрат направлявся для зневоднення на центрифуги. Хвости з перших чотирьох камер апарату переходили потім в останні його чотири камери, а хвости, які отримували з останніх чотирьох камер, направлялися в зумпф ковшового елеватора, яким подавалися знову в 11-ти камерний апарат основного процесу флотації.

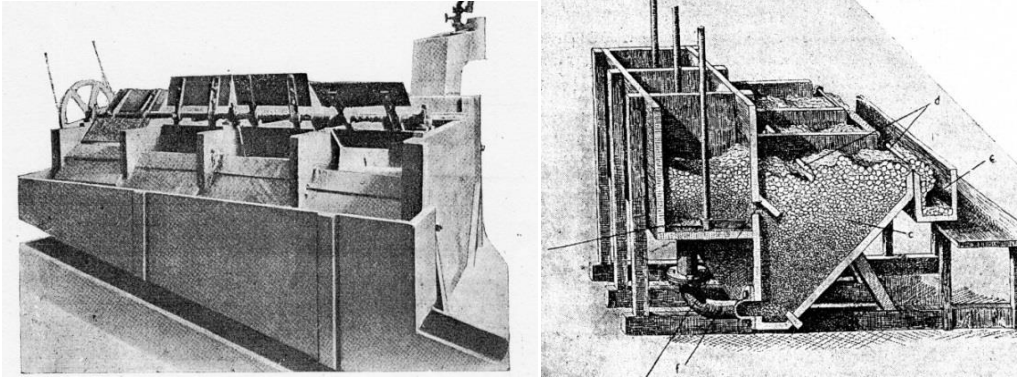


Рис. 6. Флотаційна машина *Мінералс-Сепарейшен*: зовнішній вигляд і 3D-розріз.

Зневоднення концентрату відбувалося в двох центрифугах – залізних циліндрах з дном, через яке проходить вертикальний вал, що обертається за допомогою фрикційних конічних шківів, і примушує обертатися скріплений з ним циліндр. Останній має в бокових стінках багато отворів. Зсередини циліндр обтягнутий по боковій стінці полотном і поміщений у великий чавунний циліндр. Призначення зовнішнього циліндра – затримувати воду, яка проходить через полотно, і направляти її далі по трубі в особливу яму.

Діаметр центрифуги – 750 мм, число обертів – 800-900 на хвилину. В центрифугу завантажувалося 600 кг концентрату. При досягненні визначеного числа обертів вся маса концентрату під дією відцентрової сили розподіляється по вертикальній стінці внутрішнього циліндра. Там внаслідок різної питомої маси графіт прилипає до полотна, а вода спочатку проходить через шар графіту і полотно, а потім переливається через борт внутрішнього циліндра, затримується зовнішнім циліндром і зливається в яму.

Далі графіт з вологістю від 17 до 30 % вибирався руками і завантажувався в тачку, яка відвозилася до сушильних печей.

Печі – це закриті камери на чавунних плитах, які підігрівалися знизу димовими газами через димоходи. Сушіння тривало від 12 до 24 годин, в залежності від вологості концентрату. Таких печей на фабриці було сім, кожна з яких ємністю 2 тонни концентрату. Після сушки концентрат мав вологість 1,0-1,5 %.

Сухий концентрат отримували у вигляді грудок, які досить легко розпадалися, але все ж потребували спеціальної механічної обробки для їх розпушування. Це здійснювалось в дезінтеграторах. Доставлений у сортувальне відділення, концентрат вручну завантажувався на грохот, з якого елеватором

подавався в дезінтегратор, де розпушувався. Звідси графіт гвинтовим шнеком розподілявся на два елеватори, які подавали його на два розсіви. Продукти різного сорту, отримані при розсіві, завантажувалися у мішки, та направлялися на склад.

Обладнання і технологія збагачення розраховані на руду з вмістом 12-14% вуглецю. Концентрат, отриманий з такої руди, містив 83-84 % вуглецю; в хвостах втрачали 1,5 % вуглецю. Але фабрика мусила працювати на руді з вмістом вуглецю близько 10 %. Тому в концентраті вміст вуглецю складав близько 70 %, з хвостами втрачали 3,4 %.

Частина обладнання на фабриці приводилася до руху локомотивом, інше – електродвигунами.

Збагачення бідної руди спричинило до утворення такої кількості відходів у вигляді хвостів і води, що існуючі установки не могли справитися з їх вилученням з фабрики. На одну тунну сирової руди витрати води складали від 5 до 8 т, з якої 75 % поверталось у виробництво завдяки згущувачу. Витрати гасу – 0,2-0,4 % від маси руди. Скипидарного масла витрачали 0,02-0,05 % від маси руди. Витрати енергії – до 11-13 кВт на 1 т руди.

Як сировинна база фабрики планувалася руда Петрівської групи родовищ в Криворізькому окрузі, або Заваллівське родовище в Первомайському окрузі (Побужжя).

Маріупільська фабрика була первенцем української і радянської графітової промисловості. Фабрика працювала до 1941 року. З початком війни обладнання фабрики евакуювали в Тайгинськ (Росія). Після війни Маріупільську фабрику збудували вже на новому місці, та для роботи на рудах інших родовищ.

У 1930 р. розпочалися видобувні роботи на Заваллівському родовищі, а в 1934 році там збудували збагачувальну фабрику проектною потужністю 3 тис. тонн графіту на рік. Наступна реконструкція проводилась у 1948, 1958 та 1969

роках, що привело до зростання потужності підприємства до 40 тис. тонн графіту на рік [16].

Видобуток графітової руди ведеться сьогодні на лівому березі річки Південний Буг, за кілометр від селища Завалля, Гайворонського району, у відкритому кар'єрі глибиною до 250 м. Розміри денної поверхні – 2х1 км.

На родовищі виділено 5 основних ділянок: Південно-східна, Проміжна, Хутір Андріївка, Південна смуга і Правобережна. Родовище розроблялося спочатку відкритим і підземним способами, а з 1982 р. – тільки відкритим, і лише на Південно-східній ділянці. На рис. 7 і 8 подані промислові об'єкти і геологічна карта Заваллівського родовища.



Рис. 7. Зразок графітової руди та промислові об'єкти Заваллівського родовища.

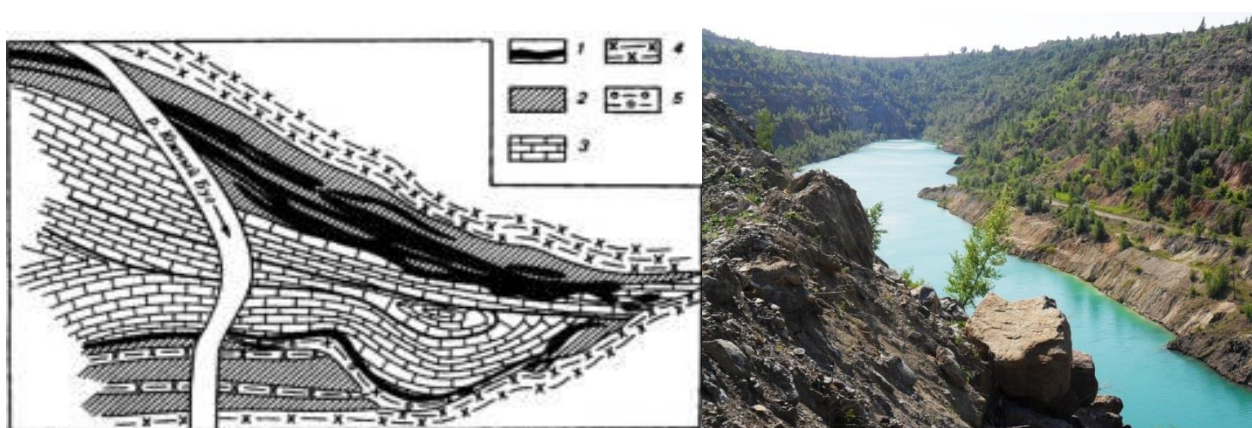


Рис. 8. Геологічна карта Заваллівського родовища (по А.Е.Іваніщеву):

1 – графітові гнейси; 2 – гнейси безрудні; 3 – кристалічні вапняки; 4 – граніти; 5 – мігматити. Праворуч – Заваллівський графітовий кар'єр. Непрацююча ділянка. 2012 р.

Заваллівське родовище графіту на сьогодні – найбільше в Європі та єдине, що розробляється в Україні. Родовище метаморфічного типу, пов'язане з біотит-графітовими гнейсами хашувато-заваллівської світи бузької серії (неоархей).

Рудоносні тіла являють собою крутоспадні пласти субширотного простягання. Потужність окремих тіл від 15 до 400 м, протяжність – 3,0–4,8 км. Розробляють переважно руди з каолінізованої кори вивітрювання гнейсів – біотитів, амфібол-біотитів,

біотит-хлоритів, хлорит-серицитів, та ін. Графіт родовища кристалічний, лускуватий (2–4 мм), з вмістом у руді 6–14 % (серед. – 6,5 %). Підтверджені запаси руди 96,6 млн т, у перерахунку на рядовий графіт – 6,1 млн т. Супутньою корисною копалиною є абразивна сировина (гранат), запаси якої оцінюють у 20,3 млн т руди або 9,7 тис. т мінералу. Родовище розробляють відкритим способом з попереднім роздрібненням свердловинними зарядами. Річний обсяг видобутку руди – близько 40 тис. т; її перероблення з випуском графітового концентрату здійснюють на збагачувальній фабриці ТОВ «Заваллівський графітовий комбінат» (рис. 7) [18].

Графіт у руді знаходиться у вигляді великих лусочок, поєднаних в стрічки і голки до 4-6 міліметрів, що тісно зрослися як з іншими мінералами, так і поміж собою. Пухкі і тверді руди родовища збагачуються флотацією з отриманням концентрату з вмістом графіту 86-97% високої якості, та зольністю не вище 10-13%. Основні технологічні процеси: дроблення, подрібнення, флотація, зневоднення, сушка, грохочення, хімічне збагачення, струминний помел.

Технологічна лінія з виробництва графіту являє собою ланцюжок послідовно зв'язаного технологічного обладнання, апаратів і механізмів, що забезпечують процес від дроблення руди до фасування готової продукції, та складування (укладання) хвостів (відходів виробництва) у хвостосховище.

Заваллівський графіт має практично ідеальну кристалічну структуру і містить мінімальну кількість домішок, склад яких дозволяє легко видалити їх з руди. Завдяки тому, що в корі вивітрювання лусочки графіту звільнені від зрощення з іншими мінералами, ці руди ще легше збагачуються, тому являють собою першочерговий об'єкт промислової розробки.

Підприємство виготовляє більше 25 основних марок графіту з вмістом вуглецю від 85% до 99,5% та розміром від 10 до 200 мкм, також колоїдно-графітові препарати і мастильно-охолоджуючі рідини на основі графіту.

Продукція відповідає вимогам державних стандартів і технічних умов та експортується в багато країн Європейського Союзу – Німеччину, Францію, Бельгію, Великобританію, Туреччину, Іспанію, Італію, Польщу, Швейцарію, Чеську Республіку, Румунію, Словаччину, Сербію, Болгарію, Грецію, Норвегію, а також в Азію – Японію, Корею, Білорусь, Молдову, а ще в США.

Остання розвідка і переоцінка запасів графіту на Заваллівському родовищі виконана у 1971–1982 рр. [18].

Стан виробництва графіту в Україні на початку XXI ст.

Сьогодні виробництво кристалічного графіту в Україні зменшується та має досить нестійкий характер. Причини цього, головним чином,

економічні. Заваллівське родовище – поки що єдина сировинна база для випуску графіту в Україні. Останнім часом на території України виявлені нові родовища зі значними прогностичними ресурсами графіту – Буртинське, Балахівське, Сачкінсько-Троїцьке, ряд нових ділянок у районі Завалля [17]. Їх запаси дають можливість не тільки підтримувати на належному рівні, але й за необхідності значно розширити існуючу мінерально-сировинну базу, завдяки чому Україна може стати одним з найбільших в світі постачальників графітової продукції.

Нещодавно розвідані Балахівське і Буртинське графітові родовища значно перспективніші від раніше розвіданих Троїцького, Петрівського, Маріупольського родовищ, а за основними геолого-промисловими показниками відповідають вже освоєному Заваллівському родовищу.

Завдяки високим якісним характеристикам та значним запасам руд Балахівське та Буртинське родовища можуть слугувати окремими сировинними базами нових гірничодобувних та переробних підприємств.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Чирвинский В.Н. Графиты Украины // Изв. Киев. политехн. и сельскохозяйств. институтов. – 1924. – С. 61–94.
2. Шапиро И.А. Графитовая промышленность Средней Европы и перспективы экспорта Союзных графитов // Минеральное сырье. – 1930. – № 9. – С. 1259–1280.
3. Яценко В.Г. Геология, минералогия и генезис графита Украинского щита / Яценко В.Г. – К.: Логос, 2008. – 127 с.
4. Державний баланс запасів України. – К., 2011.
5. Дубина И. В. Графитовые месторождения Украинской ССР / Дубина И.В. – Харьков: 1939. – 208 с.
6. Старокрымское месторождение графита/ Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.donmining.info/2018/06/starokrymskoe-mestorozhdenie-grafita.html>
7. Шапиро И.А. Месторождение графита у с. Троицкого, Бердянского района УССР // Минеральное сырье. – 1929. – № 1. – С. 69–84.
8. Бр. Носовы. О новом месторождении графита на юге России // Горный журнал. – 1869. – № 1. – С. 317–389.
9. Лаврович Н.С. Приазовский графитоносный район // Минеральное сырье. – 1930. – №5. – С. 647–678.
10. Кулибин П.В. Работы Химугля по обследованию украинских месторождений графита // Минеральное сырье. – 1927. – № 10. – С. 637–645.
11. Сердюченко Д.П. Старо-Крымское месторождение графита // Минеральное сырье. – 1927. – № 5–6. – С. 348–353.

12. Шапиро И.А. Пятилетний план развития графитовой промышленности СССР // Минеральное сырье. – 1928. – № 8. – С. 583–591.

13. Лаврович Н.С. Кошары-Александровское месторождение графита // Минеральное сырье. – 1929. – № 1. – С. 57–69.

14. Лаврович Н.С. Геолого-разведочные работы по графитам, произведенные Институтом прикладной минералогии // Минеральное сырье. – 1930. – № 1. – С. 47–48.

15. Гурвиц П.А. Мариупольская графитная

фабрика // Минеральное сырье. – 1930. – № 9. – С. 1281–1286.

16. Давидович Б.А., Киреев А.А. Обогащение Завальского графита // Минеральное сырье. – 1930. – № 1. – С. 49–56.

17. Иванців О.Є. Геологія та генезис графітових родовищ України. – К., 1972. – С. 74–78.

18. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В.І. та ін. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т.2. – К., 2006. – 740 с.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Актуальність проблеми. Стаття присвячена історії становлення вітчизняної графітової промисловості. Графіт є сировиною при виробництві ряду продуктів: штучних алмазів, акумуляторів, паливних елементів хімічних джерел струму, металообробці і куванні, для штампування та прокатки металевих виробів, електровугільних щіток та електродів, полімерних композитних матеріалів, фрикційних матеріалів, графітової фольги, прокладок і ущільнювачів, мастильних матеріалів, олівців і поліграфічних фарб, термостійкої кераміки та гуми, кабелів, антикорозійних фарб, вогнетривів, добавок в бурильні розчини. Застосовується у нанотехнологіях.

Мета статті. Простеження і введення у науковий обіг основних подій, фактів, технічних та технологічних рішень, які визначили розвиток графітової промисловості на теренах України у XX–XXI ст..

Методи і апаратура. Літературний огляд, залучення архівних матеріалів, опис техніки і технології первинної переробки графітових руд в Україні.

Результати. Простежено вервечку подій, які розкривають технологічний та технічний поступ в розвитку видобутку і збагаченні графітових руд в Україні, зокрема Старокримського та Заввалівського родовищ, збагачувальної фабрики графітової руди в Маріуполі.

Наукова цінність розробки. Описана технологія видобування графітових руд в Україні і збагачення графітової руди на Маріупольській збагачувальній фабриці.

Практичне значення. Показано, що Завалівське родовище – поки що єдина сировинна база для випуску графіту в Україні. В Україні виявлені нові родовища зі значними прогностичними ресурсами графіту – Буртинське, Балахівське, Сачкінсько-Троїцьке, ряд нових ділянок у районі Завалля. Їх запаси дають можливість не тільки підтримувати на належному рівні, але й значно розширити існуючу мінерально-сировинну базу, завдяки чому Україна може стати одним з найбільших в світі постачальників графітової продукції.

Ключові слова: вітчизняна графітова промисловість, історія, техніка та технологія видобування та збагачення графітових руд.

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Актуальность проблемы. Статья посвящена истории становления отечественной графитовой промышленности. Графит является сырьем в производстве ряда продуктов: искусственных алмазов, аккумуляторов, топливных элементов химических источников тока, металлообработке и ковке, для штамповки и прокатки металлических изделий, электроугольных щеток и электродов, полимерных композитных материалов, фрикционных материалов, графитовой фольги, прокладок и уплотнителей, смазочных материалов, карандашей и полиграфических красок, термостойкой керамики и резины, кабелей, антикоррозионных красок, огнеупоров, добавок в бурильные растворы. Застосовується в нанотехнологіях.

Цель статьи. Проследить и введение в научный оборот основных событий, фактов, технических и технологических решений, которые определили развитие графитовой промышленности на территории Украины в XX–XXI вв.

Методы и аппаратура. Литературный обзор, привлечения архивных материалов, описание техники и технологии первичной переработки графитовых руд в Украине.

Результаты. Прослежено череду событий, которые раскрывают технологический и технический прогресс в развитии добычи и обогащения графитовых руд в Украине, в частности Старокримского и Завальевского месторождений, обогатительной фабрики графитовой руды в Мариуполе.

Научная ценность разработки. Описанная технология добычи графитовых руд в Украине и обогащения графитовой руды на Мариупольской обогатительной фабрике.

Практическое значение. Показано, что Завальевское месторождение – пока единственная сырьевая база для выпуска графита в Украине. В Украине обнаружены новые месторождения со значительными прогнозными ресурсами графита – Буртыньское, Балаховской, Сачкинско-Троицкое, ряд новых участков в районе Завалье. Их запасы позволяют не только поддерживать на должном уровне, но и значительно расширить существующую минерально-сырьевую базу, благодаря чему Украина может стать одним из крупнейших в мире поставщиков графитовой продукции.

Ключевые слова: *отечественная графитовая промышленность, история, техника и технология добычи и обогащения графитовых руд.*

ABOUT AUTHORS

Леонід Шпильовий, Канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка АН України, Київ, Україна

ТОВ "Азов – Мінералтехніка", Донське, Донецька область, Україна

Володимир Білецький, докт. техн. наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна

електронна адреса ukscdb@i.ua, тел. +380 (067) 717–80–68

.